

# 吴起县森林资源景观格局分析

陈洪涛, 赵鹏洋\*, 詹晓红, 陈国领 (西北农林科技大学林学院, 陕西杨陵 712100)

**摘要** 以遥感影像为基本信息源, 在GIS支持下, 用景观生态学的方法, 选景观多样性、优势度、均匀度、破碎度、分离度和分维度等指数, 对吴起县森林资源景观格局进行了分析。结果表明, 其他灌木林、未成林造林地和宜林地是全县森林资源景观的主导类型; 当地造林力度大; 林业发展空间广阔; 景观生态系统不稳定。

**关键词** 森林资源; 景观格局; 吴起县

中图分类号 S732 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)21-08922-03

## Analysis of the Landscape Pattern of Forest Resource in Wuqi County

CHEN Hong-tao et al (College of Forestry; Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** In the paper the remote sensing image was used as the basic information source. Under the support of GIS and with the landscape ecology, the landscape patterns of the forest resource in Wuqi County was analyzed through the selection of some indexes, such as diversity, dominance, uniformity, degree of fragmentation, resolution, fractional dimension and so on. The result indicated that other shrubberies, the land where the forest had not been grown up and the land being suitable for forest growing were the dominant styles of the forest resource landscape of the whole county. The afforestation efforts were great. The space of forestry development was wide. The landscape ecology system was relatively unstable.

**Key words** Forest resource; Landscape pattern; Wuqi County

景观格局分析是景观生态学研究的基本内容, 是进一步研究景观功能与动态的基础。景观格局既是景观异质性的具体体现, 同时又是人类活动结果与各种生态过程在不同尺度上作用的最终结果<sup>[1]</sup>。景观空间格局直接影响景观内的各种变化(能量流、物质流和物种流), 制约着多种生态过程, 与景观抗干扰能力、恢复能力、稳定性、生物多样性有密切的关系<sup>[2]</sup>。森林资源作为一种重要的自然资源和自然景观, 对人类的发展有着重要的意义。对森林资源景观格局进行分析, 其本质就是数量化分析景观组分的空间分布特征, 目的是在看似无序的斑块镶嵌的景观中, 找出潜在的、有意义的规律性, 从而为规划设计景观格局和优化景观功能奠定基础<sup>[3]</sup>。吴起县位于陕北黄土高原丘陵沟壑地区, 从1998年开始退耕还林, 是全国退耕还林先进地区, 分析其森林资源的景观格局, 无论是对该县的生态建设还是对退耕还林的成果评估都有现实意义。

## 1 研究区概况

吴起县位于延安市西北部, 东南毗邻志丹县, 东北接壤靖边县, 西南与甘肃省华池县相连, 西北与定边县相接, 107°38'57"~108°32'49" E, 36°33'33"~37°24'27" N。南北长93.4 km, 东西宽79.89 km, 土地面积为3 791 km<sup>2</sup><sup>[4]</sup>。该县地处毛乌素沙漠南面的农牧过渡地区, 水土流失严重, 为国家重点公益林区划范围——荒漠化和水土流失严重地区。北洛河发源于吴起县, 其源头和两岸均为国家重点公益林区划范围。可见, 吴起县生态区位重要, 是陕西乃至全国生态环境建设的重要区域。

吴起县地处中温带气候区, 属典型半干旱温带大陆性季风气候, 春季干旱多风, 夏季旱涝相间, 秋季温凉湿润, 冬季寒冷干燥。年平均气温7.8℃, 极端最高气温37.1℃, 极端最低气温-25.1℃。年平均降雨量483.4 mm。年平均无霜期146 d<sup>[4]</sup>。

吴起县属森林灌丛草原植被区, 草、灌占优势, 草、灌、乔群落优势明显, 在现有林木中, 主要乔、灌树种36种。全县有草本植物224种, 主要类型有长茅草群落、冰草群落、百里香群落和冷蒿群落。

## 2 研究方法

**2.1 数据来源** 以2005年法国SPOT5(分辨率2.5 m)卫星遥感数据为基本分析资料, 在ERDAS IMAGINE 9.1、ARCGIS 9.0软件支持下, 通过图像处理、目视解译、实地验证, 拓扑求算小班面积, 分析统计各地类面积, 得出全县的森林资源分布情况。转换成Grid格式, 用景观结构分析软件Fragstats(栅格版)计算各景观组分的相关景观指数, 以反映研究区各景观组分的空间分布特征。

**2.2 景观格局指数** 景观格局指数旨在分析研究区的景观空间结构。景观生态系统空间结构在很大程度上控制其功能的特征及其发挥, 影响着其中物质、能量和信息各种流过程及其形式。笔者在查阅大量相关文献的基础上, 采用斑块的数量和面积以及多样性、优势度、均匀度、分维数和破碎度等指标对研究区进行景观空间格局分析<sup>[1,3,5-12]</sup>。

### 2.2.1 景观多样性指数。

**2.2.1.1 多样性指数(H)**。景观多样性指数的大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化。由2个以上的要素构成的景观, 当各景观类型所占比例相等时, 其景观的多样性为最高; 各景观类型所占比例差距增大, 则景观的多样性指数下降, 计算基于Shannon-Weaver指数, 其公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i) \log_2(P_i) \quad (1)$$

式中,  $P_i$  为第*i*类景观类型占景观总面积的比例;  $m$  为景观类型的数目;  $H$  为多样性指数。如景观中有多种斑块体类型, 那么在最大均匀分布的条件下, 每类斑块体所占的面积比例为 $1/m$ (即 $P_i = 1/m$ ), 此时的景观多样性指数称为“最大多样性指数”, 用 $H_{\max}$ 表示, 则有:

$$H_{\max} = - [m \times (1/m) \times \log_2(1/m)] = \log_2 m \quad (2)$$

**2.2.1.2 均匀度指数(E)**。描述景观中不同景观类型的分配均匀程度。对于Shannon-Weaver多样性指数, 可进一步计算均匀度:

**作者简介** 陈洪涛(1981-), 男, 黑龙江明水人, 硕士研究生, 研究方向: “3S”在资源环境中的应用。\* 通讯作者。

收稿日期 2008-05-09

$$E = (H/H_{\max}) \times 100\% \quad (3)$$

**2.2.1.3 优势度指数( $D$ )**。优势度指数用于测定景观多样性对最大多样性的偏离程度,或描述景观由少数几个主要景观类型控制的程度。优势度指数越大,则表明偏离程度越大,或者说某一种或少数景观类型占优势;该值越小,则表明景观中各景观类型所占比例大致相当。景观优势度指数为:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i) \log_2(P_i) \quad (4)$$

式中, $D$ 为景观优势度; $P_i$ 为第*i*类景观类型所占的面积比例; $m$ 为景观类型数目。

**2.2.2 景观空间构型指数。**

**2.2.2.1 景观破碎度( $C$ )**。描述某一景观类型在给定时间和给定性质上的破碎化程度。它在一定程度上反映人类活动对景观的干扰强度,该值越大,表明景观破碎化程度越高。该文采用单位面积范围内各类斑块的数目来表示,该指数的计算公式为:

$$C = n_i/A \quad (5)$$

**2.2.2.2 分离度指数( $F_i$ )**。景观的分离度是指某一景观类型中不同斑块个体分布的分离程度。其计算公式为:

$$F_i = D_i/S \quad (6)$$

式中, $F_i$ 为景观类型*i*的分离度; $D_i$ 为景观类型*i*的距离指数, $D_i = \frac{1}{2} \frac{n_i}{a}$  ( $n_i$ 为景观类型*i*的斑块总个数); $S$ 为景观类型*i*的面积指数, $S_i = A_i/A$  (其中, $A_i$ 表示景观类型的面积, $A$ 表示景观的总面积)。

**2.2.3 斑块形状指数**。分维数( $D$ )是分维变量的维度,用来测定斑块形状的复杂程度,主要揭示斑块的形状和面积大小

之间的关系,它反映了在一定的观测尺度上斑块格局的复杂程度。通过斑块的特征来反映景观格局特征。采用面积-周长法来测定,其公式为:

$$P_i = kA^{D/2} \quad (7)$$

$$D = 2 \log_2(P_i/4) / \log_2(A) \quad (8)$$

式中, $D$ 表示分维数, $k$ 为常数4; $P_i$ 表示斑块*i*的周长; $A$ 为斑块*i*的面积。 $D$ 值的理论范围在1.0~2.0,1.0代表形状最简单的正方形,2.0代表同等面积下周边最复杂的图形。分维数特征建立在某个景观类型斑块的基础上, $D$ 的大小表示了景观斑块的复杂性与稳定性。通常 $D$ 值的可能上限为1.5,代表一种自相关为0的随机布朗运动的形状,处于最不稳定状态。 $D$ 值越接近1.5,表示景观要素越不稳定<sup>[9-12]</sup>。

### 3 结果与分析

**3.1 景观多样性指数分析** 吴起县总体森林资源景观结构特征见图1、表1。由表1可知,总体景观斑块共11 168个,斑块大小不均,总体结构复杂。景观多样性指数越高,景观异质性程度越高<sup>[6]</sup>,求得景观多样性指数为2.411 5,说明景观异质性大,与其最大景观多样性指数4.087 5相差很大,说明该区森林资源景观类型较为丰富,但由于整个景观由少数几类景观控制,反而使景观多样性指数相对并不高<sup>[10]</sup>,各景观类型所占比例差别很大。研究区内优势度指数较大,为1.676;均匀度指数较小,为0.590,这与该区景观多样性指数的结果一致。抛开非林地不谈,森林资源景观类型主要为其他灌木林、未成林造林地和宜林地,3者总共占景观面积的72.74%,对整个吴起县森林资源景观的构建起着主导作用,是全县森林资源景观的主导类型。

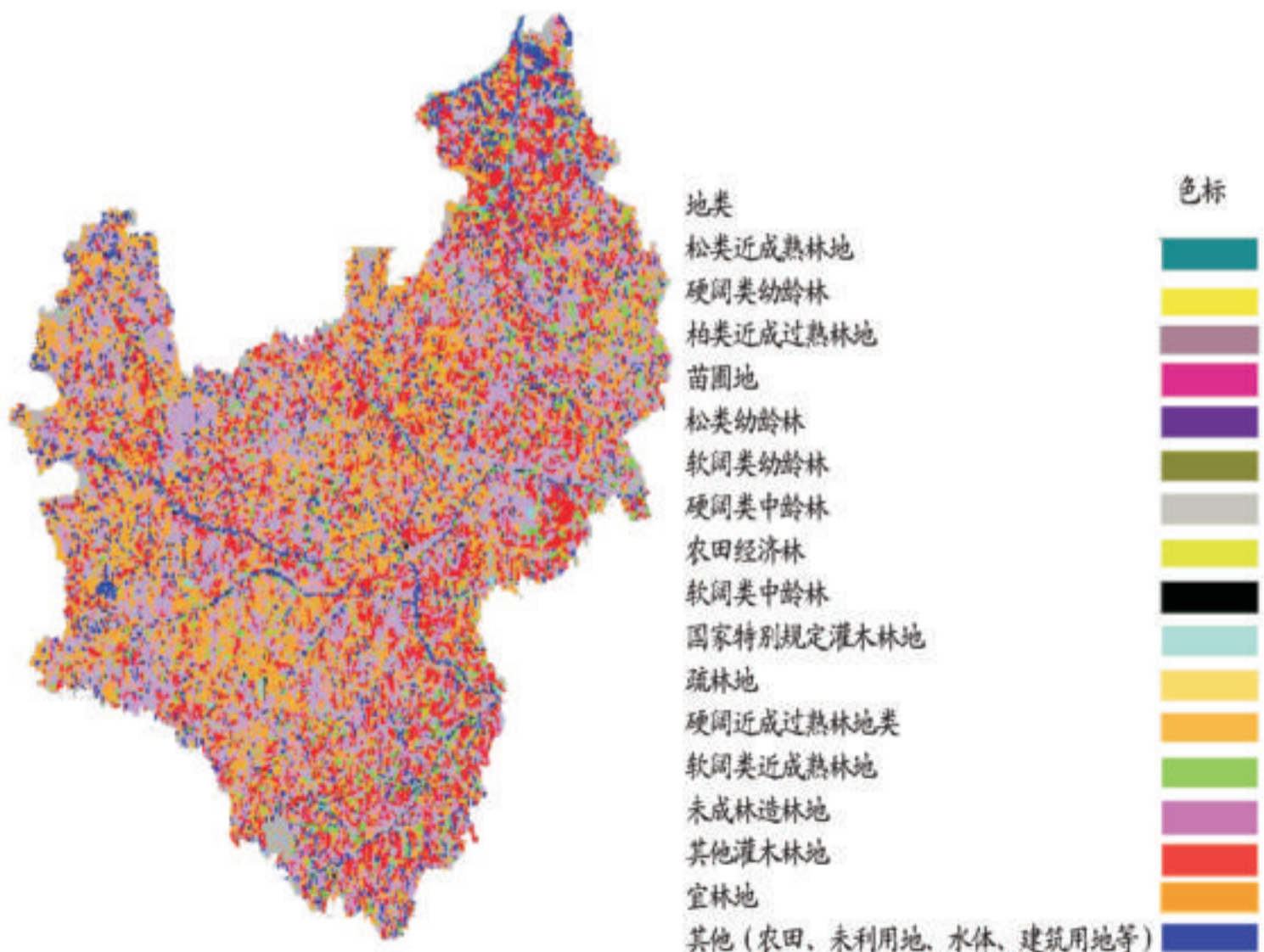


图1 吴起县森林资源景观分布

Fig.1 Distribution of forest resource landscape in Wuqi County

表1 吴起县森林景观的各类指数

Table 1 Index of forest landscape in Wuyi County

地类 Land type	斑块数 个 Spot number	周长 m Perimeter	面积 hm <sup>2</sup> Area	面积比 % Area ratio	破碎度 Degree of fragmentation	分维数 Fractal dimension	分离度指数 Splitting index
松类近成过熟林地	1	1 374	8.58	0.01	0.116 5	1.028 1	0.080 0
硬阔类幼龄林	3	10 716	77.53	0.02	0.038 6	1.164 1	0.070 0
柏类近成过熟林地	1	5 015	20.88	0.01	0.047 8	1.164 8	0.080 0
苗圃地	3	11 781	88.46	0.02	0.033 9	1.16 67	0.070 0
松类幼龄林	2	9 069	44.46	0.01	0.044 9	1.188 2	0.110 0
软阔类幼龄林	10	14 141	84.12	0.02	0.118 8	1.197 8	0.130 0
硬阔类中龄林	43	88 546	542.21	0.14	0.079 3	1.290 5	0.037 9
农田经济林	86	100 398	440.22	0.12	0.195 3	1.324 5	0.062 5
软阔类中龄林	73	116 676	522.53	0.14	0.139 7	1.329 2	0.049 3
国家特别规定灌木林地	266	378 088	1 968.20	0.52	0.135 1	1.3441	0.025 4
疏林地	170	357 200	1 717.62	0.45	0.099 0	1.368 6	0.024 0
硬阔近成过熟林地类	826	2 716 659	14 852.49	3.92	0.055 6	1.427 3	0.005 9
软阔类近成过熟林地	1 021	2 886 494	14 413.79	3.80	0.078 3	1.436 1	0.006 8
未成林造林地	2 093	12 885 203	79 305.08	20.92	0.026 4	1.462 6	0.001 8
其他灌木林地	2 054	17 649 683	107 234.95	28.29	0.019 2	1.471 6	0.001 3
宜林地	1 795	15 933 812	89 215.44	23.53	0.020 1	1.474 8	0.001 5
其他 农田、未利用地、水体、建筑用地等	2 721	12 602 115	68 563.44	18.08	0.039 7	1.470 9	0.002 3
合计	11 168	65 766 970	379 100.00	100.00			

**3.2 景观破碎化指数分析** 斑块多样性可用斑块密度来表示,它是反映景观破碎化程度的指标。而各个景观组分的斑块密度更直接地反映了景观组分的破碎化程度,也反映了人类活动对景观的干扰强度。由表1可知,农田经济林破碎度最高,斑块密度指数为0.195 3 个/hm<sup>2</sup>,软阔类中龄林和国家特别规定灌木林破碎度也较大,分别为0.139 7和0.135 1 个/hm<sup>2</sup>。因其多为经济林,故受人为影响较大,导致斑块较小。其他灌木林地和宜林地破碎度最小,表明这2种森林资源景观受人类活动影响最小。未成林造林地破碎度仅高于上述2种斑块类型,究其原因只能说是吴起县造林力度大所造成。这也从景观角度上说明吴起县无愧于全国退耕还林先进县。分离度是描述某一景观类型中不同斑块个体分布的分离程度。研究区内,林业用地类型中,分离度最小的几种斑块类型也是面积最大的几种斑块类型,具有高度的连通性和较低的分维数。这与其斑块之间分布紧密、分散度较低、面积大且呈连绵状分布有关。其他面积小的斑块多呈散点状分布,彼此间联系不紧密,故分离度较高。若除去斑块数较少的类型,分离度指数和破碎度指数几乎成正比关系,即和人类活动成正比关系。考虑到研究区内森林资源景观都是受人类活动影响下的自然或半自然景观类型,这样的结果也与陈利顶、傅伯杰的理论<sup>[7]</sup>相符。

**3.3 景观形状指数分析** 由于斑块的周长是位于平面中的分维变量,分维数一般在1.0~2.0。分维数越趋近于1.0,则斑块的自我相似形越强,斑块形状越有规律,斑块的几何形状越趋向简单,表明受干扰的程度越大。这是因为人类干扰所形成的斑块一般几何形状较为规则,因而易于出现相似的斑块形状。分维数值越大,反映斑块的形状越复杂。面积周长比大的图形,具有较大的面积,分维数较小,在生态学上相对比较稳定;面积周长比小的图形,具有较大的边缘面积,也就是具有较大的边缘-内部比例,其生态学稳定性较差,动

态性强。

理论上讲,面积越大的斑块越容易出现斑块嵌套等现象,导致其形状比较复杂<sup>[3]</sup>。在面积最大的几类斑块类型中,宜林地的分维数最高,甚至高于面积大于其的其他灌木林地,说明宜林地形状最复杂,考虑到其多分布在荒山荒坡,应该是由地形造成。未成林造林地在面积较大的斑块中分维数最小,形状最规则,这应该是由人工所致。硬阔近成过熟林地类和软阔类近成过熟林地的分维数也较高,说明其形状也不规则,景观稳定性较差,这也与其斑块面积较大有关。值得注意的是国家特别规定灌木林地分维数也小于比自己面积大的疏林地,综合前面分析来看,应该是对疏林地人工经营力度较差所致。其他类型稍好一些。总体来说,吴起县的森林资源景观稳定性较差,动态性强。

#### 4 结论

吴起县森林资源景观类型丰富,但由于整个景观由少数几类景观控制,造成景观多样性指数相对并不高,各景观类型面积所占比例差别很大。其他灌木林、未成林造林地和宜林地是全县森林资源景观的主导类型,而有林地景观类型不占优势;国家特别规定灌木林地破碎度较大,分维数较小,说明人工经营的力度较大,很受人们重视;未成林造林地分离度和分维数均较小,面积较大,说明当地造林力度大,符合其退耕还林先进县的称号;宜林地不但面积大,分维数也最大,景观不稳定,容易改变。这为吴起县今后的林业发展提供了广阔的空间和良好的基础条件。

#### 参考文献

- [1] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度及等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] 尚宗波, 高琼. 流域生态学——生态学研究的一个新领域[J]. 生态学报, 2002, 21(3): 468-473.
- [3] 陈亨霖, 兰樟仁, 张东水. 闽江口湿地景观格局分析[J]. 福建省遥感学会, 2004.
- [4] 吴起县地方志编纂委员会. 吴起县志[M]. 西安: 三秦出版社, 1991.

现象,同时内源生长素、内源细胞分裂素、内源脱落酸含量降低(表4)。初代培养所分化的试管苗切除后,余下的愈伤组织块继代培养于无激素的MS培养基中,愈伤组织表现出更强的分化能力,但这些二代MS试管苗植株表现出矮化、皱叶

等畸形特征,这是否为内源激素降低所致,有待于进一步研究。同时也表明,18个月内培养基中6-BA 0.25~1 ng/L、NAA 0.1 ng/L的外源激素没有造成内源激素的过量积累。

表4 外源激素6-BA和NAA对愈伤组织4种内源激素含量的影响

Table 4 Effects of exogenous hormones 6-BA and NAA on the contents of 4 kinds of endogenous hormones in calli

培养时间 Culture time	处理 Treatment	含激素培养基连续继代培养 Continuous subculture of hormone-containing media				含激素培养基转化为无激素MS培养基培养 Culture of transferring hormone-containing media to MS media without hormones			
		生长素 Auxin	细胞分裂素 Cytokinin	赤霉素 Gibberellin	脱落酸 Abscisic acid	生长素 Auxin	细胞分裂素 Cytokinin	赤霉素 Gibberellin	脱落酸 Abscisic acid
1~6个月 1-6 months		86.48	18.10	83.30	90.90				
		74.10	23.19	90.25	86.08				
		60.90	26.80	84.06	66.90				
		54.10	24.66	73.05	74.38				
7~12个月 7-12 months		130.88	21.78	112.95	84.00	66.18	12.12	78.70	53.70
		125.78	27.78	114.14	83.56	51.47	14.05	87.70	51.48
		76.60	30.14	92.03	57.04	39.19	23.00	75.85	50.80
		73.44	28.80	97.95	72.76	36.27	17.20	62.50	52.70
13~18个月 13-18 months		126.70	31.32	57.90	82.30				
		112.70	35.34	49.22	67.87				
		90.96	53.35	52.35	70.10				
		74.30	51.41	42.73	62.85				

注:表中数据为各处理3次测定的平均值。

Note: The data in the table are the means of 3 repetitions for each treatment.

表5 含激素培养基转换为无激素培养基后表型变化

Table 5 Phenotype difference between the hormone-containing media and the media without hormone

处理 Treatment	含激素培养基培养 Culture of hormone-containing media			含激素培养基转换为无激素的MS培养基 Transferring hormone-containing media to MS media without hormones		
	愈伤块增殖系数 Multiplication coefficient of calli	每克愈伤出苗数 Seedling number per gram callus	株 Single seedling weight	愈伤块增殖系数 Multiplication coefficient of calli	每克愈伤出苗数 Seedling number per gram callus	株 Single seedling weight
	1.22	6.44	0.053	0.38	22.26	0.068
	1.32	8.71	0.043	0.34	15.19	0.114
	2.03	5.21	0.071	0.11	9.96	0.081
	1.25	5.67	0.063	-0.039	12.96	0.088

### 3 小结

一些研究认为,安祖花增殖与分化基本培养基为1/2 MS,也有研究认为,全量MS基本培养基是愈伤组织增殖与分化的适宜培养基<sup>4-6</sup>。而外源激素的添加会引起内源激素配比及水平发生变化,从而进一步调控培养物的分化及生长,同时培养物的表型也会发生相应的变化。该研究表明,MS<sub>2</sub>(1/2 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + 1/2 CaCl<sub>2</sub>) + 0.75 ng/L 6-BA + 0.1 ng/L NAA + 30 g/L 白糖 + 7.0 g/L 琼脂粉(pH值5.8~6.0)培养基是安祖花愈伤组织增殖与苗分化的适宜培养基。

(上接第8924页)

- [5] 刘茂松,张明娟.景观生态学原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [6] 陈振雄,李际平,刘素青.基于RS和GIS的天鹅山林场森林景观格局研究[J].林业调查规划,2006,31(3):6-10.
- [7] 陈利顶,傅伯杰.黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析——以山东省东营市为例[J].生态学报,1996,16(4):337-344.
- [8] 赵明华,杨树佳,牟文龙.山东半岛县域土地利用景观格局分析——以招远市为例[J].水土保持研究,2007,14(3):155-157.

### 参考文献

- [1] 李际红,张友鹏,耿翠芳.安祖花试管苗移栽成活率初探[J].山东林业科技,2003(2):11-12.
- [2] 吕璞,李世奎.安祖花组织培养研究现状[J].洛阳农业高等专科学校学报,2000,20(3):33-34.
- [3] 赵博生,刘涛.安祖花组织培养快繁技术研究[J].淄博学院学报:自然科学与工程版,2000,2(3):68-70.
- [4] 贾永芳,马玉坤,郭余龙,等.安祖花组织培养研究[J].河南师范大学学报:自然科学版,2001,35(1):164-166.
- [5] 周根余,苗秀莲,程磊.影响安祖花试管苗生长的若干因素[J].上海师范大学学报:自然科学版,1999,28(4):76-82.
- [6] 远凌威,袁正仿,张苏锋,等.安祖花的组织培养及快速繁殖研究[J].信阳师范学院学报:自然科学版,2004,17(3):338-340.
- [9] 刘灿然,陈灵芝.北京地区植被景观中斑块形状指数分析[J].生态学报,2000,20(4):559-567.
- [10] 张秀兰,成淑敏.河北省森林景观空间结构分析[J].水土保持研究,2006,21(1):20-26.
- [11] 刘学录.盐化草地景观中的斑块形状指数及其生态学意义[J].草业科学,2000,17(2):50-56.
- [12] 隋欣,童飞,姚长青,等.黄河流域青海片土地利用景观空间格局分析[J].2007,27(2):123-128.
- [13] 刘灿然,陈灵芝.北京地区植被景观斑块形状的分形分析[J].植物生态学报,2000,24(2):129-134.